



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Patentschrift
10 DE 44 33 104 C 1

51 Int. Cl. 8:
A 61 B 5/00
G 01 N 33/483
A 61 B 3/16
A 61 B 1/00
// A 61 B 1/00

21 Aktenzeichen: P 44 33 104.5-35
22 Anmeldetag: 16. 9. 94
43 Offenlegungstag: —
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 2. 5. 98

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:

Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
angewandten Forschung e.V., 80636 München, DE

72 Erfinder:

Petter, Erwin, 66583 Elversberg, DE; Meyer,
Jörg-Uwe, Dr., 66386 St Ingbert, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 42 27 367 A1
DE 34 33 699 A1
DE-OS 21 57 825
US 43 05 399
US 40 89 329

Thompson, D.E. et al.: »Point Impedance
characterization of soft tissues«, In: Bio- engineering
and the skin, ed. R. Marks, P.A. Payne, MTP Press
England 1981, S. 103-111;
Bäcklund, Y. et al.: »Passive Silicon Transensor
Intended for Biomedical Remote Pressure

Monitoring«, In: Sensors and Actuators A 21,
Elsevier Sequia, Niederlande 1990, S. 58-61;
Fenzl, G. et al.;

»System zur kontinuierlichen Langzeittonometrie
mittels Haftlinsensensoren«, In: Biomedizinische
Technik Bd. 36, Ergänzungs- band, 1991, S. 393
u. 394;

Bjerring, P.: »Skin Elasticity measured by dynamic
admittance«, In: Acta Dermatovener,
Stockholm 1990, S. 83-87;

54 Einrichtung zur Messung mechanischer Eigenschaften von biologischem Gewebe

57 Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zur Messung der
mechanischen Eigenschaften von biologischem Gewebe mit
einer Einrichtung (1) zur Erzeugung eines Magnetfeldes
mittels eines Spulensystems und einer Einrichtung (2) zur
mechanischen Erregung des Gewebes mittels einer leitfähigen
Folie und einem Magneten oder einer Folie aus
weichmagnetischem, leitfähigem Material.

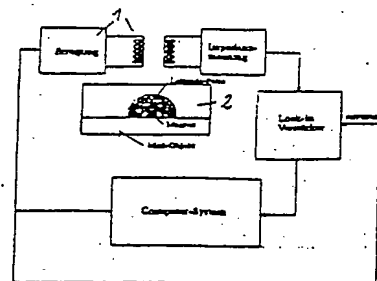


Abb 1: Meßsystem zur Messung der mechanischen Eigenschaften von Gewebe

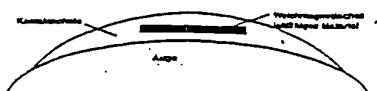


Abb 2: Das neue Meßsystem angewandt auf Augen und nachzusehen

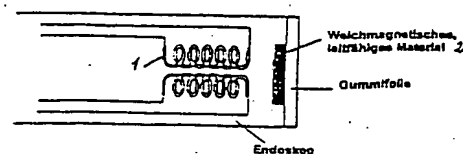


Abb 3: Das neue Meßsystem eingesetzt in ein Endoskop

DE 44 33 104 C 1

DE 44 33 104 C 1

Die Erfindung bezieht sich auf eine Einrichtung zur Messung mechanischer Eigenschaften von biologischem Gewebe.

Stand der Technik

Messung von mechanischen Eigenschaften (Elastizität, Reibung, Resonanzen) werden in der Industrie häufig vorgenommen. Ein Aktor bringt das Meßobjekt zum Schwingen (manchmal an mehreren Stellen). An denselben oder an anderen Stellen wird dann die Schwingung gemessen. Als Aktor wird meistens ein elektromagnetischer Schwinger benutzt und als Sensor ein Beschleunigungsaufnehmer. Die Analyse dient dazu, das mechanische Verhalten des Meßobjektes im Betrieb zu testen.

Auch in der Biomedizin ist es sinnvoll, mechanische Eigenschaften von Gewebe zu bestimmen [D.E. Thompson, H. Mg. Hussein, and R.Q. Perritt: "Point impedance characterization of soft tissues in vivo". In: Bioengineering and the skin. ed. R. Marks, P.A. Payne, MTP Press England (1981)]. Die in der Industrie angewandten Methoden sind jedoch oft nicht einsetzbar. Das zu messende Gewebe ist nicht immer leicht zugänglich oder die Abmessungen von der zu testenden Struktur sind so klein, daß es nicht möglich ist, einen Beschleunigungsaufnehmer darauf aufzubringen: die kleinsten Beschleunigungsaufnehmer sind immer noch zirka 0,5 g schwer. Damit beeinflußt der Aufnehmer die Meßergebnisse.

Aus der DE 21 57 825 A1 ist es im Zusammenhang mit dem Nachweisen der motorischen Tätigkeit von Versuchstieren bekannt, Impedanzänderungen eines Resonanzkreises auszuwerten, die durch die Relativbewegung zwischen mit einem metallischen Gegenstand markierten Tieren und einer Spule des Resonanzkreises hervorgerufen werden.

Aus der DE 34 33 699 A1 ist weiterhin eine Vorrichtung zur Bestimmung viskoelastischer Eigenschaften der Haut bekannt, bei der die mechanische Erregung mittels eines Magneten und eines Spulensystems erfolgt. Als Sensor dient ein Reflektor, dessen Bewegung optoelektronisch ausgewertet wird.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Einrichtung zur Messung mechanischer Eigenschaften von biologischem Gewebe zu schaffen, bei der die Meßergebnisse durch die Meßvorrichtung nicht beeinflußt werden.

Diese Aufgabe wird durch die Einrichtung nach Anspruch 1 oder 2 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

Gelöste Aufgabe, Vorteile der neuen Erfindung

Es wurde eine Einrichtung entwickelt, die Vorteile in der biomedizintechnischen Anwendung bietet. Der Aktor und der Sensor sind bei dem Verfahren von kleinster Masse ($< 0,1$ g), so daß es möglich ist, sie an Stellen einzusetzen, die für die herkömmlichen Aktoren und Sensoren unerreichbar sind. Weil die Masse des Aktors und Sensors so klein ist, beeinflussen sie die Messung der dynamischen mechanischen Eigenschaften kaum.

Sensor und Aktor werden auf dem Meßobjekt angebracht, es werden keine Drahtverbindungen zwischen Sensor bzw. Aktor und dem übrigen Teil des Meßsystems benötigt. Drahtverbindungen stören die Messung und können in biologischen Anwendungen Infektionsgefahr mit sich bringen.

Das neue Meßsystem besteht aus zwei Teilen. Ein Teil ist auf dem Meßobjekt befestigt, es besteht aus einem kleinen Magnet und einer leitfähigen Folie (siehe Abb. 1). Der zweite Teil besteht aus einem Spulensystem, das induktiv mit dem ersten Teil gekoppelt ist. Es wird daher in eine räumliche Nähe zum ersten Teil gebracht. Um die Magnetfelder in eine definierte Richtung zu lenken, wird das Spulensystem in einem Schalenkern aus Ferrit oder Eisenpulver eingesetzt. Die Kombination von Aktor und Sensor ist möglich, wenn man ein leitfähiges magnetisches Material einsetzt.

Bei dem Meßsystem stellt der kleine Magnet den Aktor dar, der mittels einer Spule zum Schwingen angeregt wird. Hierbei wird das Meßobjekt in Schwingung versetzt. Die leitfähige Folie ist der Sensor, der mit dem Meßobjekt mitschwingt. Die schwingende Folie moduliert die Impedanz eines Spulensystems, aufgrund der in der Folie induzierten Wirbelströme. Um genügend große Wirbelströme zu induzieren, muß die Frequenz, mit der die Impedanz gemessen wird, entsprechend groß sein.

Der Magnet kann entweder ein Permanentmagnet (Hartmagnet) sein oder ein Stück weichmagnetisches Material. Der Magnet kann so klein bemessen sein, daß er nur noch wenige Milligramm wiegt. Weichmagnetische Materialien haben den Vorteil, daß sie besser zu strukturieren sind. Außerdem ist die Geometrie frei wählbar. Hartmagneten dagegen müssen ein bestimmtes Länge-Breite-Verhältnis haben, um die Stabilität zu gewährleisten.

Um die Amplitude und die Phase der Schwingung zu messen, muß die Impedanz des Spulensystems gemessen werden. Die Impedanz wird mittels einer Trägerwelle gemessen. Hier bieten sich verschiedene Alternativen an. Frequenzmodulation tritt auf, wenn das Meßspulensystem das frequenzbestimmende Element eines Oszillators ist. Amplitudenmodulation tritt auf, wenn die Meßspule in einer Meßbrücke eingebaut wird, die mit einer konstanten Spannung versorgt wird.

Eine FM-Demodulation wird im allgemeinen in der Form eines PLL-Kreises ausgeführt. Amplitudendemodulation kann einfach mittels eines Gleichrichters und eines Tiefpaßfilters ausgeführt werden. Besser ist es aber, die Versorgungsspannung der Brücke als Referenzsignal zu benutzen und dann mittels eines zwei Phasen Lock-in Verstärkers Amplitude und Phase des Meßsignals zu messen.

Die nun demodulierte Impedanz der Meßspule wird in einen weiteren Lock-in Verstärker geführt, der als Referenz das Erregersignal hat. Weil der Lock-in Verstärker nur die Antwort des Systems auf das Erregersignal mißt, ist es möglich, Artefakte und Drift herauszufiltern.

Das System ist automatisiert. Ein Computer regelt die Erregerfrequenz und liest die Phase und die Amplitude der Schwingung von dem Lock-in Verstärker ein. Das System mißt selbständig Amplitude und Phase bei mehreren Erregerfrequenzen, so daß eine mechanische Übertragungsfunktion abzuleiten ist. Der Computer kann die gemessenen Daten speichern und darstellen. Aus dieser Funktion kann man mit bestimmten Algorithmen mechanische Parameter berechnen.

Ausführungsbeispiele

Mechanische Schwingungsuntersuchungen finden in

der Biomedizin folgende Anwendungen:

Druckmessung

Druckmessung kann in der Biomedizin oft nicht direkt ausgeführt werden, weil die Invasivität es verbietet, einen Drucksensor in die zu messende Flüssigkeit zu bringen. Deshalb muß die Druckmessung mit alternativen, weniger invasiven Methoden vorgenommen werden.

So ist es nicht möglich, den Augeninnendruck direkt, kontinuierlich, nicht-invasiv zu messen (invasive Messungen wurden bereits vorgenommen [Y. Bäcklund, L. Rosengren, B. Hök, and B. Svedberth: "Passive silicon transensor intended for biomedical, remote pressure monitoring". Sensors and Actuators A21, pp. 58—61(1990)]).

Verschiedene Ansätze sind gemacht worden, um mittels indirekter Methoden den Augendruck kontinuierlich, nicht-invasiv zu messen ["Noninvasive, Continuous intraocular pressure monitor", US Patent 4,089,329 (1978)]; ["Miniature Transducer", US Patent 4,305,399 (1981)]; [G. Fenzl, U. Bartsch, M. Rieder, v. Denffer, and G. Bramm: "System zur kontinuierlichen Langzeittonometrie mittels Haftlinsensensor". Biomedizinische Technik Band 36, Ergänzungsband, pp. 393—394 (1991)].

Das oben beschriebene Verfahren kann hier eingesetzt werden, was eine neue indirekte Methode zur kontinuierlichen Augendruckmessung darstellt. Die mechanischen Eigenschaften der Außenseite des Auges werden durch den Augendruck beeinflusst. Wenn man diese Eigenschaften mißt, kann man daraus eine Aussage über den Augeninnendruck herleiten. Hier machen sich die Vorteile des neuen Verfahrens ganz deutlich bemerkbar. Die Komponente des Meßsystems, die auf das Meßobjekt gebracht wird (der kleine Magnet und die leitende Folie), kann in einer Kontaktschale (-linse) integriert werden. Dies ist deshalb möglich, weil keine Drahtverbindungen benötigt werden und weil man die Komponente so gut miniaturisieren kann:

Diagnose von Krankheiten

Es gibt einige Krankheiten, die die mechanischen Eigenschaften des Gewebes beeinflussen. Z.B. sind mechanische Eigenschaften von Krebsgeweben im allgemeinen unterschiedlich zu gesunden Geweben. Hautkrankheiten (z. B. Skleroderma) [P. Bjerring: "Skin elasticity measured by dynamic admittance a new technique for mechanical measurements in patients with scleroderma". Acta Dermatologica Venerologica Suppl. 120, pp. 83—87] ändern die mechanischen Eigenschaften der Haut. Auch hier kann das oben beschriebene Verfahren eingesetzt werden. Weil das System stark miniaturisiert werden kann, ist es möglich, das System in einem Endoskop einzubauen, was mit herkömmlichen mechanischen Meßmethoden nicht möglich ist, siehe Abb. 3.

Patentansprüche

1. Einrichtung zur Messung mechanischer Eigenschaften von biologischem Gewebe mit einer Einrichtung (1) zur Erzeugung eines Magnetfeldes mittels eines Spulensystems, einer Einrichtung (2) zur mechanischen Erregung des Gewebes mittels eines Magneten als Aktor und mit einer leitfähigen Folie als Sensor.
2. Einrichtung zur Messung mechanischer Eigen-

schaften von biologischem Gewebe mit einer Einrichtung (1) zur Erzeugung eines Magnetfeldes mittels eines Spulensystems und einer Einrichtung (2) zur mechanischen Erregung des Gewebes mittels einer Folie aus weichmagnetischem, leitfähigem Material als Aktuator, die zugleich als Sensor wirkt.

3. Einrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Masse von Aktor und Sensor weniger als 0,2 g, vorzugsweise weniger als 0,1 g, beträgt.

4. Einrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die gesamte Einrichtung Teil eines Endoskopes ist und die Folie als distaler Abschluß des Endoskops ausgebildet ist.

5. Einrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß eine Gummifolie vorgesehen ist, die zwischen dem zu untersuchenden Gewebe und der Folie angeordnet ist.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

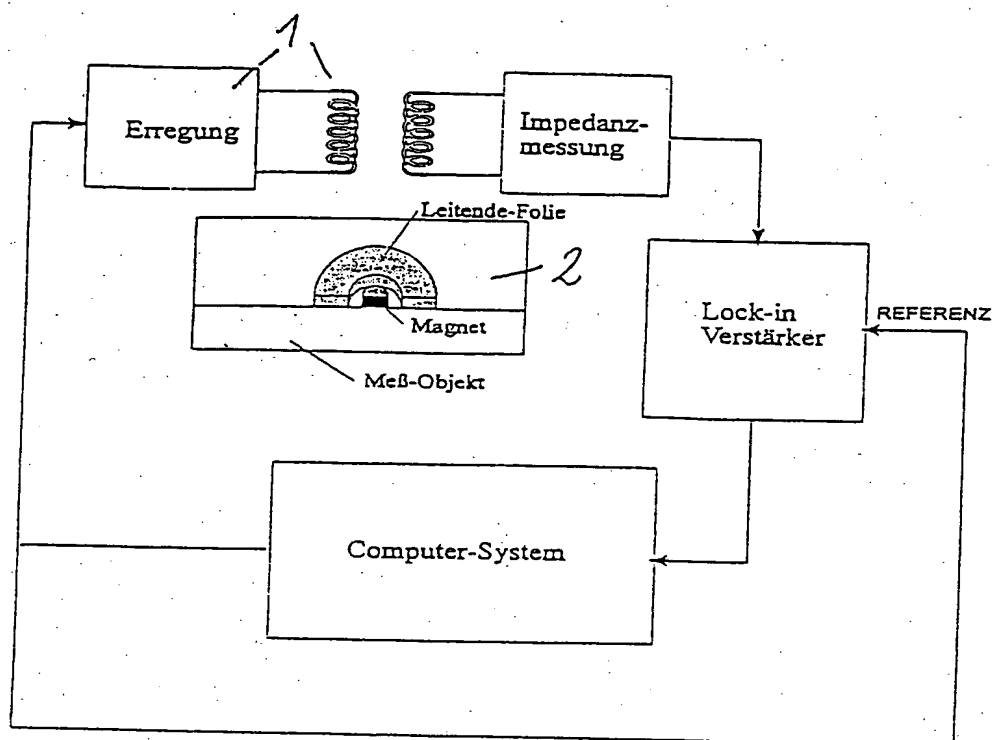


Abb 1: Meßsystem zur Messungen der mechanischen Eigenschaften von Gewebe

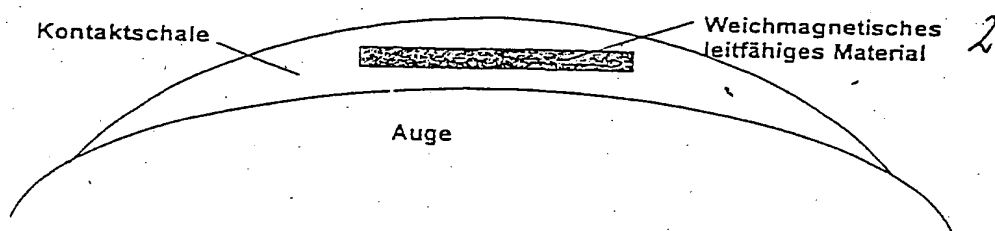


Abb 2: Das neue Meßsystem angewandt auf Augendruckmessung

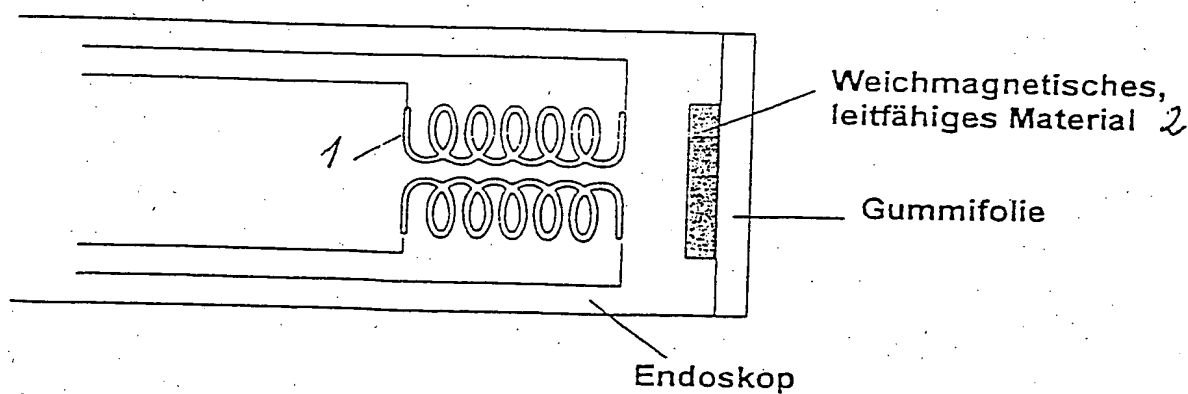


Abb 3: Das neue Meßsystem eingebaut in einem Endoskop